

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ ОТ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ И МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

Шилова О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА», г. Тверь, Россия

За последние десятилетия следует признать тот факт, что заметно сокращаются объемы производства сельскохозяйственной продукции. Одними из возможных причин указанных изменений могут быть: снижение уровня эффективного плодородия почв вследствие ограниченного применения органических и минеральных удобрений, разных средств химизации, несоблюдение сроков и правил обработки почв и др.

В сложившейся ситуации для формирования урожайности полевых культур следует использовать экологически безопасные органические формы соединений, включающие необходимые для растений макро- и микроэлементы (например, комплексоны и комплексонаты металлов и неметаллов, т.е. хелаты и хеланты). По данным ряда исследователей [2-5] указанные соединения являются высокоэффективными средствами для некорневой подкормки, применение которой снижает общий уровень загрязнения примесями, как почв, так и получаемой сельскохозяйственной продукции.

Однако, несмотря на очевидную целесообразность применения комплексонатов [8] при возделывании полевых культур, особенности их использования для некорневых подкормок изучены недостаточно. В связи с этим остается актуальным изучение устойчивости, биологической активности, миграции в агроэкосистемах экологически безопасных и

высокоэффективных органических соединений и продуктов их распада в окружающей среде (в том числе в условиях Тверской области).

При этом важно отдавать предпочтение комплексонатам, которые содержат минеральные элементы, участвующие в процессах роста и развития живых организмов. Поскольку дерново-подзолистые почвы Тверской области обладают невысоким уровнем естественного плодородия и содержат недостаточное количество микроэлементов (в том числе, бора, селена, йода, меди, молибдена и др.), существует необходимость увеличения количества молибдена и её соединений, как в почве, так и в получаемой сельскохозяйственной продукции.

Молибдену принадлежит исключительная роль в питании растений. Он участвует в процессах фиксации молекулярного азота и восстановлении нитратов в растении.

Особенно требовательны к наличию молибдена в почве в доступной форме бобовые культуры и овощные растения – капуста, листовые овощи, редис. Внешние признаки недостатка молибдена проявляются в замедлении роста вследствие нарушения синтеза хлорофилла.

В результате наблюдается деформация листовых пластинок и преждевременное отмирание листьев, резко снижается урожайность и содержание белка в растениях.

Применение молибдена на кислых почвах повышает урожайность гороха на 3-4 ц на 1 га, моркови – на 70-80 ц на 1 га, салата, редиса и капусты – на 20-30%. Под влиянием молибдена значительно улучшается качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне и сене бобовых культур, витаминов и сахара в овощах [6].

В связи с этим, в условиях полевого опыта было изучено влияние биологически активных и экологически безопасных молибденсодержащих соединений как на свойства дерново-подзолистой почвы, так и на урожайность капусты белокочанной и биохимический состав кочанов.

Исследования были проведены в 2022 году на экспериментальном участке кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования Тверской ГСХА. Общая площадь участка – 200 м², площадь одной делянки – 8,4 м². Повторность опыта трехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Перед закладкой опыта был определен гранулометрический состав пахотного слоя почвы экспериментального участка методом Н.А. Качинского. Преобладающей фракцией в пахотном слое оказался песок тонкий – 48,7%. Наименьшим процентным содержанием отличались крупный песок (5,41%) и иловая фракция с размером частиц >0,001 мм (7,05%). Суммарное количество фракций с размером частиц >0,01 мм составило 22,34%.

Судя по величине обменной кислотности ($pH_{КСЛ}$ 5,7) и значению гидролитической кислотности ($H_T=2,1$ мг-экв/100 г почвы), почва опытного участка имела реакцию близкую к нейтральной. Среди катионов обменных оснований преобладало количество Ca^{2+} (4,0 мг-экв/100 г почвы). Значение степени насыщенности почвы основаниями оказалось достаточно высоким (84%), следовательно, почва экспериментального участка относится к 4 группе и не нуждается в известковании.

В почве обнаружено среднее количество гумуса (2,1%), повышенное – обменного калия (119 мг/кг почвы) и высокое – подвижного фосфора (214 мг/кг почвы).

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений) и без опрыскивания растений; 2. Опрыскивание растений раствором Na_2MoO_4 ; 3. Опрыскивание растений раствором Мо-ЭДДЯК; 4. $N_{90}P_{30}K_{120}$ и без опрыскивания растений; 5. $N_{90}P_{30}K_{120}$ и опрыскивание растений раствором Na_2MoO_4 ; 6. $N_{90}P_{30}K_{120}$ и опрыскивание растений раствором Мо-ЭДДЯК.

В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, суперфосфат и хлористый калий.

Раствор молибденовокислого натрия был приготовлен путем растворения сухого порошка в дистиллированной воде непосредственно перед замачиванием семян.

Комплексонат молибдена (Мо-ЭДДЯК) был синтезирован к.х.н., доцентом Смирновой Т.И. на кафедре агрохимии, земледелия и лесопользования Тверской ГСХА. Он представлял собой сухое порошкообразное вещество белого цвета, удовлетворительно растворимое в воде комнатной температуры и хорошо растворимое в теплой воде при $t=40^{\circ}\text{C}$. Хелатированный молибден или молибденсодержащий комплекс (Мо-ЭДДЯК) – органическое соединение, содержащее в составе комплексон ЭДДЯК (этилендиаминдиантарную кислоту) и образующее с ним устойчивый молибденовый комплекс хелатного типа.

На опыте возделывалась капуста белокочанная «Крюмон» - позднеспелый гибрид. Полный вегетационный период (с момента появления всходов и до полной зрелости кочанов) длится около 160-170 суток. Гибрид имеет ряд достоинств: высокая урожайность (41-51 т/га); хороший иммунитет (гибрид практически не поражается слизистым и сосудистым бактериозом, точечным некрозом и фузариозным увяданием); отличается хорошим вкусом и универсальностью в использовании; кочаны гибрида устойчивы к гниению. К недостаткам следует отнести: небольшие размеры кочанов и присутствие в них горького вкуса [7].

В опыте использовали рассадный способ выращивания капусты. Посев в кассеты провели 2 апреля. Высадка рассады в открытый грунт производилась вручную. Ширина междурядий – 70 см. Расстояние между растениями – 50 см. Густота стояния – 28 тыс. растений на гектаре. Срок высадки рассады 20 мая 2022 г.

Через 30 дней вегетирующие растения обрабатывали молибденсодержащими растворами. Концентрация растворов составляла 2мМ (или $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л). Опрыскивание повторяли дважды. Объем

применяемых растворов составил 100 мл/м² (или 840 мл на делянку). Уход за посадками состоял из междурядной обработки, окучивания и опрыскивания от сорняков гербицидом «Бутизан 400» (2 л/га).

Следует отметить, что неблагоприятными по степени увлажнения почвы оказались июнь и июль, что очевидно отразилось как на количестве подвижных форм элементов питания в почве, так и на величине урожая капусты белокочанной. Как следствие, сдвинулись сроки полевых работ, прохождения фаз развития опытной культуры и сроков уборки урожая кочанов на 2-3 недели по сравнению со среднегодовалыми данными.

Применение молибденсодержащих растворов на разных фонах питания оказало неодинаковое влияние на количество подвижных форм элементов питания в пахотном слое дерново-подзолистой почвы. В начальный период проведения наблюдений (июнь 2022 года) применение минеральных удобрений способствовало заметному увеличению нитратов в почве опытного участка (в среднем на 10-14 мг/кг почвы по отношению к контролю). Максимальные значения нитратного азота выявлены на варианте с минеральными удобрениями (без обработки растений) – 34 мг/кг почвы, а минимальные среди удобренных вариантов – с комплексонатом молибдена (29 мг/кг почвы).

Варианты с обработкой растений молибденсодержащими растворами, но без внесения в почву минеральных удобрений, заметно уступали удобренным вариантам по количеству нитратов (в среднем на 8 – 11 мг/кг почвы). При этом наименьшим содержанием нитратного азота по сравнению с контролем отличался вариант с обработкой растений хелатированным молибденом на неудобренном фоне.

С июня по июль количество подвижной формы азота возросло в почве всех опытных делянок, за исключением контроля. Максимальное содержание нитратов в июле установлено на варианте с минеральными удобрениями (39 мг/кг почвы), а минимальные среди удобренных – с молибденовокислым

натрием и комплексонатом молибдена (37 мг/кг и 33 мг/кг почвы соответственно). Наибольшее количество нитратов в удобренной почве в июле по сравнению с контролем обнаружено на варианте с опрыскиванием растений раствором молибденовокислого натрия (24 мг/кг почвы).

С июля по август 2022 года количество нитратов в почве уменьшилось в почве всех опытных делянок, особенно на контроле. Содержание нитратного азота в удобренной почве, но с применением молибденсодержащих растворов, оказалось больше по сравнению с контролем (в среднем на 8–10 мг/кг почвы). Максимальное количество нитратов в указанный период обнаружено на варианте с минеральными удобрениями (33 мг/кг почвы).

Применение удобрений с обработкой вегетирующих растений молибденсодержащими растворами привело к существенным изменениям количества подвижного фосфора в почве на протяжении всех периодов проведения опыта. В июне 2022 года наименьшее количество фосфатов было на контроле (204 мг/кг почвы). Значения на остальных вариантах опыта были различными и варьировали от 208 мг/кг почвы до 230 мг/кг почвы. При этом наибольшее содержание подвижного фосфора выявлено на варианте с минеральными удобрениями без обработки растений молибденсодержащими растворами (234 мг/кг почвы).

Количество фосфатов в удобренной почве с применением молибденсодержащих растворов оказалось различным: максимальное значение установлено на варианте с использованием молибдата натрия (212 мг/кг почвы), а минимальное – при обработке растений раствором комплексоната молибдена (208 мг/кг почвы).

В период с июня по июль снижалось количество P_2O_5 в почве всех опытных делянок (в среднем на 4–11 мг/кг почвы). При этом максимальным содержанием фосфатов отличался вариант без подкормки растворами молибденсодержащих соединений на удобренном фоне – 225 мг/кг почвы.

Остальные варианты уступали указанному в среднем на 8-10% – на неудобренном фоне и на 3-5% – на минеральном фоне.

С июля по август наблюдалось дальнейшее снижение количества фосфатов в почве всех опытных делянок, особенно на контроле (на 10 мг/кг почвы). В среднем значения уменьшились на 5-8 мг/кг почвы по сравнению со значениями фосфатов в июле. Несмотря на подобные изменения, наибольшим содержанием P_2O_5 в августе среди удобренных делянок отличался вариант с минеральными удобрениями (219 мг/кг почвы), а среди неудобренных – вариант с опрыскиванием растений раствором молибдата натрия (200 мг/кг почвы).

Сезонная динамика обменного калия на опытном участке заключалась в незначительном увеличении его количества с июня по август. В июне 2022 года наибольшим содержанием обменного калия отличалась удобренная почва (171 мг/кг почвы). Варианты совместного применения минеральных удобрений и растворов молибденсодержащих соединений уступали указанному варианту (в среднем на 6-10 мг/кг почвы). Неудобренная почва содержала значительно меньше обменного калия (в среднем на 31–34 мг/кг почвы).

В отличие от изменений количества нитратного азота и подвижного фосфора, количество обменного калия незначительно возросло с июня по июль в почве всех опытных делянок (даже на контроле). Однако максимальным содержанием K_2O отличался вариант с минеральными удобрениями, как в чистом виде, так и в сочетании с молибденсодержащими растворами.

С июля по август количество обменного калия незначительно возросло, однако соотношение в значениях K_2O между вариантами осталось прежним. При этом содержание доступной формы калия на варианте с $N_{90}P_{30}K_{120}$, но без использования молибденсодержащих растворов оказалось выше, чем на удобренных фонах с некорневой подкормкой растений растворами

молибдата натрия и комплексоната молибдена (в среднем на 5-9 мг/кг почвы соответственно). Отметим, что на удобренных делянках значения K_2O превышали его количество на контроле (в среднем на 3-15 мг/кг почвы).

Таким образом, на протяжении всех сроков проведения полевого опыта 2022 года максимальным количеством подвижных форм азота, фосфора и калия отличались варианты с минеральными удобрениями без использования молибденсодержащих растворов.

Результаты проведенных наблюдений показали, что, несмотря на внесение равных доз минеральных удобрений, продуктивность капусты белокочанной оказалась неодинаковой на всех вариантах опыта. Отметим, что вследствие неблагоприятных метеорологических условий вегетационного периода 2022 года (преобладание дней с жаркой и сухой погодой), продуктивность капусты белокочанной сорта «Крюмон» оказалась на низком уровне на всех вариантах опыта. При этом контрольный вариант заметно уступал по продуктивности остальным вариантам полевого опыта (урожайность в среднем составила 200 ц/га, что на 15-100 ц/га меньше).

Некорневая обработка растений молибденсодержащими растворами на удобренных делянках позволила увеличить урожайность капусты белокочанной по сравнению с контролем на 15 ц/га (или 7,5%) – на варианте с молибдатом натрия на 25 ц/га (или 12,5%) – на варианте с комплексонатом молибдена.

Наибольшая урожайность (300 ц/га) и прибавка кочанов капусты (100 ц/га) по отношению к контролю получены на варианте совместного применения $N_{90}P_{30}K_{120}$ и молибденсодержащего комплексоната.

Таким образом, совместное применение минеральных удобрений и молибденсодержащего комплекса позволяет увеличивать урожайность капусты на 50% по отношению к контролю и на 37,5-42,5% по сравнению с остальными вариантами опыта.

Использование растворов биологически активных соединений как на удобренных, так и на удобренных фонах привело к изменению количества

витамина С в кочанах капусты. При опрыскивании растений молибденсодержащими растворами на неудобренном фоне количество аскорбиновой кислоты в кочанах возросло по отношению к контролю: на 4 мг/100 г при использовании раствора молибденовокислого натрия и на 7 мг/100 г при обработке растений раствором комплексоната молибдена.

Возделывание капусты на минеральном фоне без опрыскивания молибденсодержащими растворами не позволила добиться получения кочанов с самым высоким количеством аскорбиновой кислоты (26 мг/100 г), однако прибавка витамина С к контролю на этом варианте составила 9 мг/100 г кочанов.

Обработка растений молибденсодержащими растворами на минеральном фоне позволила заметно увеличить содержание аскорбиновой кислоты в кочанах: на 14 мг/100 г при применении раствора молибдата натрия и на 18 мг/100 г при применении раствора хелатированного молибдена.

Кроме увеличения содержания аскорбиновой кислоты, в кочанах изменилось и содержание моно- и дисахаридов в кочанах капусты. Так, на минеральном фоне при обработке молибденовокислым натрием значения увеличились на 1,05 г, а при использовании комплексоната молибдена на 1,3 г по отношению к контролю.

Таким образом, результаты проведенного полевого опыта с капустой белокочанной сорта Крюмон в 2022 году, подтвердили предположение об эффективности комплексоната молибдена (Мо-ЭДДЯК) в качестве молибденового микроудобрения, увеличивающего урожайность капусты и улучшающего биохимический состав кочанов. При этом возрастает антиоксидантная активность растениеводческой продукции за счёт увеличения в кочанах количества аскорбиновой кислоты, а также улучшаются вкусовые качества за счет изменения содержания моно- и дисахаридов.

Список литературы

1. Дроздов И.А. Рост, развитие и продуктивность капусты белокочанной при обработке препаратом Ризоплан /И.А. Дроздов, И.Е. Осокин, М.Н. Павлов //Сборник научных трудов по матер. Межд. научно-

практ. конф. 11-13 февраля 2020 г: Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени. – Тверь, 2020. – С. 34-36.

2. Кузьмин С.И. Влияние хелатного комплекса меди (II) на основе этилендиаминадиантарной кислоты на растительные пигменты капусты кочанной /С.И. Кузьмин, Т.И. Смирнова, О.В. Шилова // Сб. науч. тр. по матер. XI Межд. научн.-практ.конф., посвященной 70-летию со дня рождения Н.П. Сударева 14-16 мая 2020 г.: «Научные направления развития животноводства и кормопроизводства в России». – Тверь: ТГСХА 2020. – С. 137-139.

3. Петриченко В.Н. Эффективность использования комплексонов в овощеводстве / В.Н. Петриченко, О.С. Туркина//Аграрная Россия, 2014.№. 7.– С. 12-15.

4. Смирнова, Т.И. Изменение пигментного состава растений капусты кочанной под действием этилендиаминадисукцината меди (II)/Т.И. Смирнова, С.И. Кузьмин, О.В. Шилова //Сб. тр. студентов и молодых ученых по матер. 48-й научн.-практ. конф.: Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. – Тверь: ТГСХА, 2020. – С. 23-25.

5. Шилова, О.В. Влияние биологически активных соединений на агрохимические свойства почвы и урожайность картофеля// Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Конкурентоспособность и инновационная активность АПК» 6-8 февраля 2018 года. – Тверь: Тверская ГСХА, 2018. – С. 59-63.

6. Значение молибдена в питании растений. Молибденовые микроудобрения и условия их эффективного применения. [Электронный ресурс]// – URL:http://cozyhomestead.ru/Rastenia_109300.html

7. Капуста Крюмон: описание сорта, фото, отзывы [Электронный ресурс]// – URL:<https://fermerss.ru/2019/03/11/opisanie-sorta-kapusty-krijumon-fl/>

8. Применение комплексонов и комплексонов металлов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]// – URL: <https://chem21.info/info/1530047/>

*Дата поступления рукописи в редакцию: 02.08.2022 г.
Дата подписания в печать: 17.09.2022 г.*